doi:10.13866/j.azr.2020.01.07

新疆夏季高温日数的变化特征及其影响因子①

陈 颖[1,2]， 邵伟玲[1]， 曹 萌[1]， 吕新生[3]
（1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所，新疆 乌鲁木齐 830002；
2. 新疆气候中心，新疆 乌鲁木齐 830002；3. 新疆气象台，新疆 乌鲁木齐 830002）

摘 要：根据1961—2018年新疆夏季高温日数的气候特征分析，新疆夏季高温日数的空间分布型可以分为全疆一致型、南北反相型和东西反相型。全疆一致型分布为新疆夏季高温日数的主要空间分布形态，在20世纪90年代中后期发生了一致增多的突变；南北反相型的分布在21世纪是多发的；21世纪以来，东西反相型多表现为偏西地区高温日数偏少、偏东地区高温日数偏多的分布特征。与3类分布型显著相关的环流场关键区域均位于中低纬度，当南亚高压偏强且南亚高压中心位置偏北时，夏季中低纬度尤其是30°～50°N位势高度明显升高，有利于新疆高温日数偏多。对于位于中纬度的新疆区域，从高度场的合成和温度平流的分析来看，厄尔尼诺事件不利于新疆夏季高温日数的偏多。

关键词：高温；日数；夏季；厄尔尼诺；南亚高压；新疆

2015年夏季，新疆出现了罕见的高温事件，群发区域广，持续时间长，爆发强度大。新疆平均高温日数为21 d，比常年同期(14 d)偏多7 d，为1961年以来历史同期最多。其中7月12日至8月10日，新疆出现大范围持续高温，38 ℃以上高温覆盖面积最大，达7.53×10^5 km^2；7月20日，吐鲁番地区东坎儿极端最高气温达46.5 ℃。2017年7月5—16日，全疆出现大范围持续高温天气过程，共有85县(区、市)最高气温达35 ℃以上，其中74个县(区、市)达到37 ℃以上高温，34县(区、市)达到40 ℃以上高温。吐鲁番(49.0 ℃)、托克逊(48.8 ℃)等10站最高气温突破历史极值。持续高温天气对春小麦、春玉米的生长发育造成不利影响，部分林果遭受高温灾害。新疆高温事件发生频繁，影响范围广，分析高温发生原因，有助于深入理解区域气候变化规律，探讨减缓与适应气候变化的对策和措施。

国内学者对于高温天气的特征和成因做了许多分析，雷杨娜等[1]认为，我国高温日数的变化有明显的区域特征，第一模态表现为区域整体一致的异常，中心区位于长江中下游地区，ENSO和西太平洋暖池区海温对高温日数变化第一模态的相关比较明显。邹海波等[2]对2013年盛夏我国中东部高温天气进行分析认为，500 hPa西太平洋副热带高压(西太副高)偏强、偏西、偏北和200 hPa南亚高压偏强、偏东、偏北是造成2013年盛夏中国中东部地区中低层下沉运动偏强的主要原因，偏强的下沉运动又会使空中云雨减少，地表吸收的太阳短波辐射偏强，地表温度偏高，地表向上的感热通量和长波辐射也随之增大。史军等[3]在对华东极端高温气候特征进行分析的基础上指出，在华东南部一些地区，高温日数与夏季西太平洋副高面积和强度指数、上年下半年Nino4区海温和当年登陆我国的台风个数呈显著正相关。城市化也增加了华东高温事件的发生。刘还珠等[4]利用涡度方程诊断分析，发现西风带、副热带和热带系统相互作用，动力和热力因素的综合影响是造成2003年高温天气的原因。辛渝等[5]给出北疆高温天气的分布主要受垂直地带和纬度地带性控制，出现在盆地和天山北坡。李博等[6]认为，2017年西安高温提前发生主要是因为南亚高压强于正常年份同期强度，南亚高压是影响我国西北地区的主要热源基地。

2014年5—12月，赤道东太平洋发生了一次强度较弱的厄尔尼诺事件，峰值出现在11月。2015年1、2、3月Nino3区海温距平指数连续3个月低于0.5 ℃，厄尔尼诺事件结束。4月开始，赤道中东太平洋再次进入厄尔尼诺状态。在Elnino发展的背

① **收稿日期：**2019-03-14； **修订日期：**2019-06-14
基金项目：中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM2019006)资助
作者简介：陈颖(1977-)，女，副研级高级工程师，从事气候监测、预测工作. E-mail:meihuazui1206@qq.com
通讯作者：吕新生. E-mail:372518189@qq.com

景下,必然催生南亚高压的异常变化;张琼等[7]认为,南亚高压面积大、强度强的年份往往与 ElNino 年相对应。彭丽霞等[8-9]探讨了夏季南亚高压年际变化及其与 ENSO 事件的关系。陈桂英等[10]认为,南亚高压的活动受各种因素的影响,如它的异常与热带海温有密切的关系。赤道东太平洋海温偏高,南亚高压位置偏东,当发生 ElNino 时,南亚高压脊线位置偏南。钱永甫等[11]认为,盛夏南亚高压有两类平衡态——青藏高压和伊朗高压,伊朗高压时,高压中心及其西北区气温偏高,青藏高压西部型使中国西北地区高温干旱。何金海等[12]认为,春末夏初菲律宾群岛附近对流的经向摆动决定了南亚高压的形成位置,而中南半岛局地对流的强度则控制着南亚高压的加强北抬;由于菲律宾南部和中南半岛的局地对流都受 ENSO 事件影响,因此,在 ENSO 事件的冷、暖位相下,南亚高压的形态和位置在其建立过程中差异明显。谭晶等[13]认为,南亚高压与对流层中低层西太平洋副高的活动存在"相向而行"和"相背而去"的关系。杨辉等[14]研究了热带太平洋—印度洋海温异常综合模对南亚高压的影响,认为综合模的正(负)异常加强(减弱)西印度洋经度范围的区域 Hadley 环流,其北侧伊朗高原上的异常下沉(上升)支,造成南亚高压偏弱(偏强),位置偏东偏南(偏西偏北)。

本研究基于新疆地面气温观测资料,分析了新疆夏季高温日数时空变化特征,并利用高度场等环流资料,结合厄尔尼诺对新疆夏季高温的影响,对新疆夏季高温进行成因分析。

1　资料和方法

1.1　资料

本文使用全疆 82 个资料完整、海拔高度在 1 500 m 以下的气象观测站 1961—2018 年 6—8 月日最高气温资料。环流资料及海温资料均下载自 NCEP 再分析资料。

1.2　方法

引用唐恬等[15]的中央气象台业务规定,单站日最高气温≥35 ℃为 1 个高温日。厄尔尼诺的判定指标采用文献〔16〕中 Niño CE 指数,该指数由 NEPI (东部型指数)和 NCPI(中部型指数)组成。单纯由于 NEPI 满足事件定义的类型判定为东部型事件(可简写为 E 型);单纯由于 NCPI 满足事件定义的类型判定为中部型事件(可简写为 C 型)。

南亚高压指数采用国家气候中心计算序列:利用 NCEP/NCAR 逐日再分析资料,选取青藏高原及其周围地区(10°~55°N,35°~115°E)上空 100 hPa 东西风零线上位势高度最大处为主高压中心,定义中心经、纬度位置分别为经度和纬度指数,建立了 1951 年以来的 6—8 月逐候南亚高压主中心指数。

2　新疆夏季高温的气候特征

2.1　空间分布特征

根据 1961—2018 年新疆夏季高温日数的 EOF 分解结果,前 3 个空间模态(图 1)的方差贡献分别为 33.4%、19.1% 和 9.2%,累积方差贡献为 61.7%。EOF 第一空间模态反映的是夏季高温日数全区一致偏多;第二空间模态反映南疆和北、东疆反向变化,即南疆高温日数偏多、北疆高温日数偏少的分布特征;第三空间模态反映南、北疆偏西地区和全疆其余地区的反向变化。因此,新疆夏季高温日数的空间型可以分为全疆一致型、南北反相型和东西反相型。

与夏季高温日数的空间分布型相似,6、7、8 月高温日数的第一模态均为全疆一致变化;第二模态均为南北反相变化,6、7月高温日数第二模态与夏

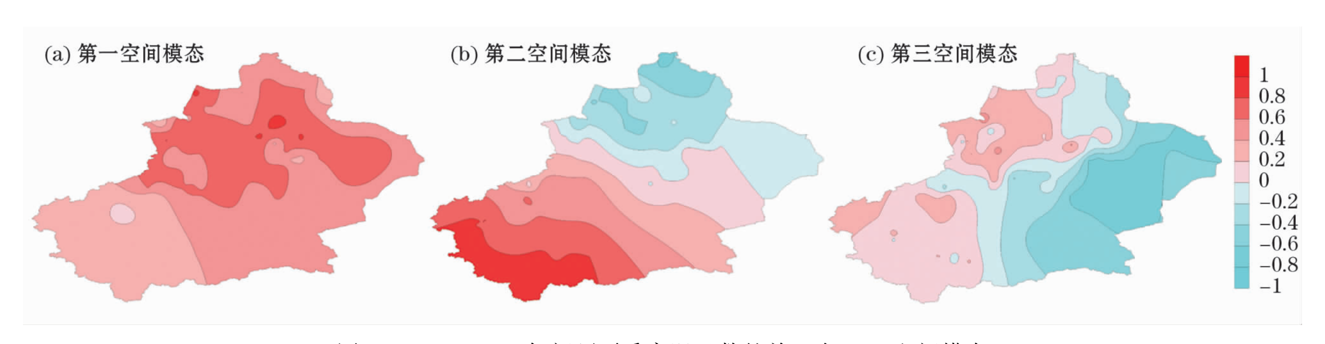


图 1　1961—2018 年新疆夏季高温日数的前 3 个 EOF 空间模态

Fig. 1　The first three EOF spatial modes of high temperature days in summer in Xinjiang during 1961 – 2018

季高温日数第二模态的空间同号率达到了85%以上,8月空间同号率为77%;第三模态均为东西反相型,6、7月高温日数第三模态与夏季高温日数第三模态的空间同号率达到了87%以上,8月空间同号率为67%,这种联系很大程度上与新疆夏季高温日数的月际分布有关。

2.2　高温日数的时间变化

新疆夏季高温日数的EOF第一空间模态为全疆一致变化,其对应的时间系数反映了由高温日数全疆一致偏少到全疆一致偏多的上升变化。根据MK检验,全疆一致型分布在20世纪90年代中后期发生了突变。第二空间模态随时间呈缓慢上升的趋势,MK检验无明显突变点;其中90年代以负值居多,2000年以来多为正值,说明南北反相型的分布在21世纪是多发的。第三空间模态随时间呈下降的趋势,尤其是21世纪以来,几乎全为负值,说明偏西地区高温日数偏少、偏东地区高温日数偏多的分布特征多发;其MK检验结果表明,东西反相型在90年代中期发生了突变(图2)。

2.3　高温日数的年代际变化

根据新疆夏季年平均单站高温日数的时间变化特征(图3),1961—2018年,新疆夏季平均单站高温日数为16.0 d,根据MK检验结果,其突变年份为2000年,1961—2000年的平均值为15.0 d,2001—2018年平均值为18.3 d。将高(低)于多年平均值1.3倍标准差的年份作为异常偏多(少)年份,高温日数异常偏多的年份为1997、2008、2011、2015、2016、2017、2018年,高温日数异常偏少的年份为1961、1972、1976、1989、1992、1993、2003年。高温日数异常偏少的年份绝大部分在90年代中期之前,高

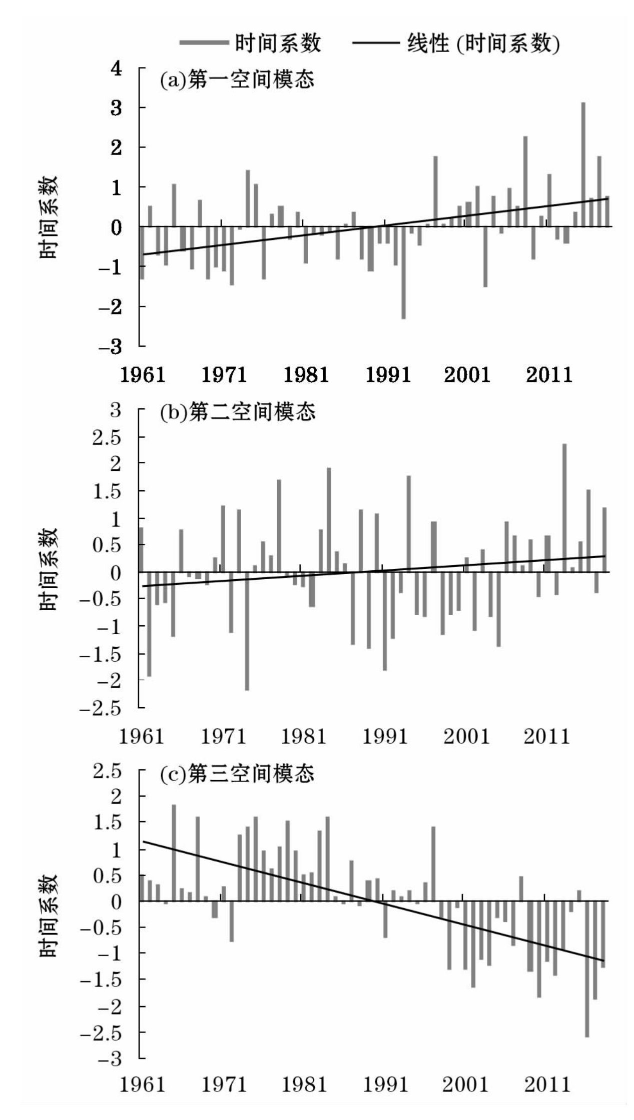


图2　1961—2018年新疆夏季高温日数的前3个EOF空间模态对应的时间系数

Fig. 2　Corresponding time coefficients of the first three EOF spatial modes of high temperature days in summer in Xinjiang during 1961 – 2018

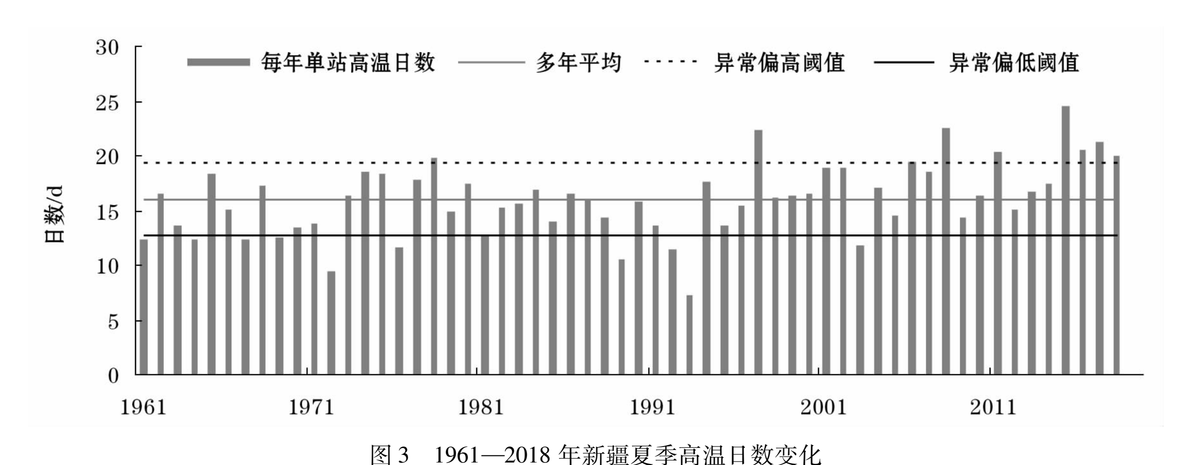


图3　1961—2018年新疆夏季高温日数变化

Fig. 3　Variation of high temperature days in Xinjiang in summer during 1961 – 2018

温日数异常偏多的年份全部在 90 年代中期之后。1961—2000 年和 2001—2018 年的夏季单站高温日数的增加速率分别是 0.27 d·$(10a)^{-1}$和 2.39 d·$(10a)^{-1}$。以上分析都说明夏季单站高温日数在 2001—2018 年是明显增加的,其增加速率快于 1961—2000 年,这个结论与全球气候变暖的进程是一致的。

2.4　高温日数的季节内变化特征

2.4.1　逐月高温日数的变化特征　1961—2018 年,新疆 6、7、8 月的区域平均高温日数分别为 4.0 d、7.0 d、5.0 d;其每 10 a 的增长速率分别为 0.286 d、0.433 d 和 0.086 d(图 4)。

6 月平均高温日数在 1.1 ~ 7.8 d 之间变化,其中 2016 年出现最多,为 7.8 d,1987 年出现最少,为 1.1 d。根据累积距平的计算结果,1961—1996 年,6 月平均高温日数呈减少的趋势,1997—2016 年呈增加趋势,其中 2009—2016 年增加速率减缓。根据 6 月高温日数的年代际变化特点,20世纪90年代之前,6 月高温日数的变化不大,2001—2016 年,高温日数有所增加,其中 2001—2010 年的 6 月平均高温日数要多于 2011—2016 年;1991—2010 年,北疆的高温日数 5 ~ 10 d 的范围最大,2001—2016 年,南疆高温日数在 5 d 以上的范围最大。

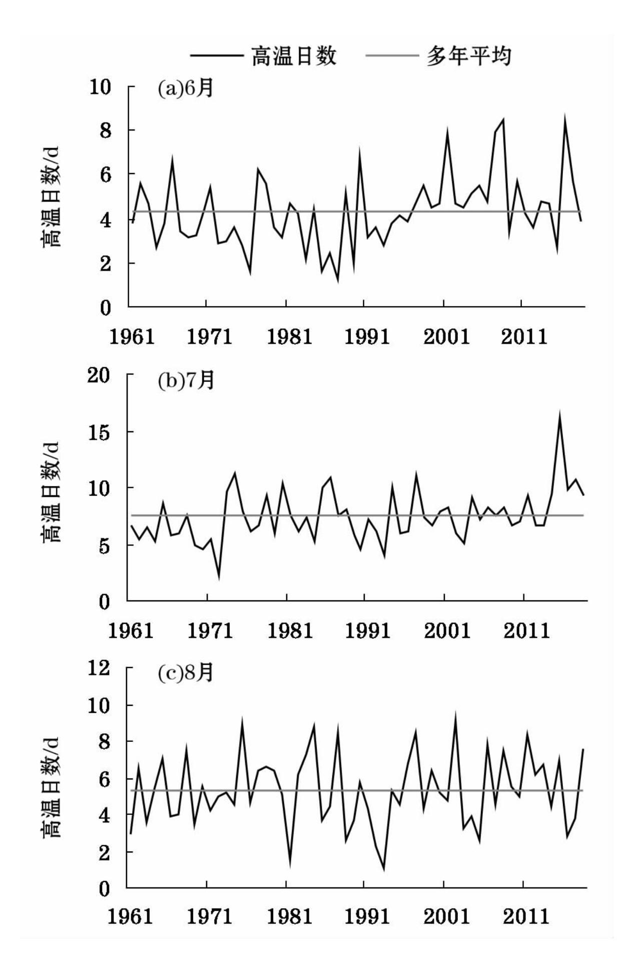


图 4　1961—2018 年新疆夏季逐月高温日数时间序列

Fig. 4　Monthly high temperature days in summer in Xinjiang during 1961 – 2018

7 月平均高温日数在 2.1 ~ 15.7 d,其中 2015 年出现最多,为 15.7 d,1972 年出现最少,为 2.1 d。根据累积距平的计算结果,1961—1972 年和 1989—1993 年,7 月平均高温日数呈减少的趋势,1973—1988 年和 1994—2016 年呈增加趋势,其中 2013—2016 年增加速率加快。根据 7 月高温日数的年代际变化特点,2001—2010 年的北疆 7 月平均高温日数在 10 d 以上的范围最小;南疆高温日数范围最大的年代为 20 世纪 70 年代和 2011—2016 年。

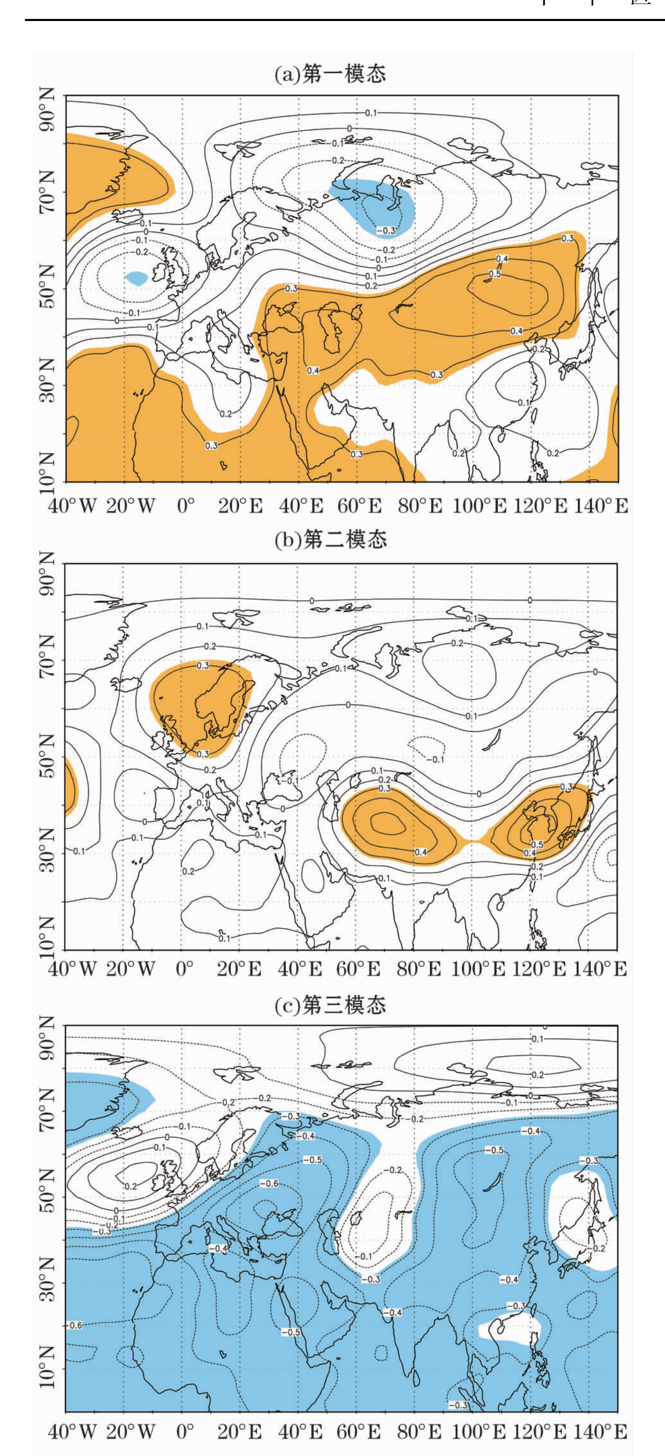
8 月平均高温日数在 1.0 ~ 8.8 d,其中 2002 年出现最多,为 8.8 d,1993 年出现最少,为 1.0 d。根据累积距平的计算结果,1961—1975 年和 1988—1995 年,8 月平均高温日数呈减少的趋势,1976—1987 年和 1995—2016 年呈增加趋势。根据 8 月高温日数的年代际变化特征,1991—2010 年,南疆高温日数在 5 d 以上的范围小于其他年代;北疆高温日数年代际变化特征不明显。

2.4.2　各月高温日数分布特征及其与当月气温的关系　新疆夏季平均高温日数分布在北疆沿天山一带和南疆以吐鲁番盆地为中心向西向南向东延伸的区域。各月的分布特征也类似于季分布特征,7 月的分布范围大于 6 月和 8 月,其高温日数也多于 6 月和 8 月。各月高温日数和当月平均气温均呈正相关关系,高温日数越多的区域与当月平均气温的正相关关系越好,吐鲁番盆地 6、7、8 月各月高温日数与月平均气温的相关系数都超过了 0.8。各月相关系数绝大多数区域都通过了信度为 0.05 的显著性检验。

3　1961—2018 年新疆夏季高温日数的环流因子分析

3.1　高温与高度场的相关

将新疆 82 站 1961—2018 年夏季高温日数的 EOF 前 3 个模态与 500 hPa 高度场做相关分析(图 5)。500 hPa 位势高度场上与高温日数全疆一致型相关通过0.05水平显著性检验的区域位于新地岛



注:色斑部分为通过 0.05 水平显著性检验的区域。下同。

图 5 1961—2018 年新疆夏季高温日数前 3 个空间模态与 500 hPa 位势高度场的相关分布

Fig. 5 The correlation between the first three spatial modes of high temperature days and the 500 – hPa geopotential height field over Xinjiang in summer during 1961 – 2018

附近区域和自黑海至鄂霍次克海的中纬度区域,其中新疆夏季高温日数全疆一致变化型与新地岛附近区域 500 hPa 高度场呈显著的负相关关系,与自黑海至鄂霍次克海的中纬度区域 500 hPa 高度场呈显著的正相关关系。500 hPa 位势高度场与高温日数南北反相型相关通过 0.05 水平显著性检验的区域位于斯堪的纳维亚半岛、中亚南部和我国华东一带,均表现为显著的正相关关系,其相关区域呈纬向相间分布。500 hPa 位势高度场与高温日数东西反向型相关通过 0.05 水平显著性检验的区域位于黑海 – 贝加尔湖区域,均表现为显著的负相关关系,东西反相型还与低纬度区域普遍有显著的负相关关系。

3.2 高温日数偏多年与偏少年的环流差异

将新疆夏季高温日数高(低)于多年平均值 1.3 倍标准差的年份作为异常偏多(少)年,高温日数异常偏多年为 1997、2008、2011、2015、2016、2017、2018 年,高温日数异常偏少年为 1961、1972、1976、1989、1992、1993、2003 年。分别合成环流并分析其环流差异。用高温日数偏多年的 500 hPa 高度场减去偏低年的 500 hPa 高度场,在 50°N 以南为正高度距平区,中心闭合等高线为 20 gpm;50°N 以北乌拉尔山至西伯利亚为一个负高度距平区,中心闭合等高线为 –50 gpm(图 6a)。因此,结合新疆夏季高温日数与位势高度场的相关关系,夏季中低纬度尤其是 30° ~ 50°N 位势高度明显升高,有利于新疆高温日数偏多。结合新疆夏季高温日数的前 2 个模态对应的 500 hPa 高度场的显著相关区,为了找出区域气候系统对中纬度高度场的驱动影响,提取(40° ~ 90°E ,30° ~ 50°N)的平均高度作为中纬度关键区因子,分析其与 500 hPa 高度场的相关关系(图 6b)。500 hPa 高度场与中纬度关键区因子相关性在 60°N 均为显著相关,其相关性自北向南依次递增,伊朗高压对中纬度关键区因子的影响作用十分明显。200 hPa 高度场与中纬度高度场因子也有类似的相关分布(图 6c),证明新疆夏季高温日数的变化与南亚高压的变化有密切的联系。

3.3 高温日数与南亚高压的关系

根据夏季逐候南亚高压指数和新疆逐候高温日数的相关分析,6 月第 1 候新疆夏季高温日数与南亚高压中心经度呈显著的正相关关系;7 月第 1 候、第 2 候、第 3 候和第 4 候新疆夏季高温日数与南亚高压中心强度呈显著的正相关关系,均通过了信度为 0.05 的显著性检验,说明在候尺度上,南亚高压中心位置越偏东,中心强度越强,越有利于新疆夏季高温日数的偏多,这与之前研究的新疆夏季高温天气主要受南亚高压和伊朗副高的影响是一致的[11]。

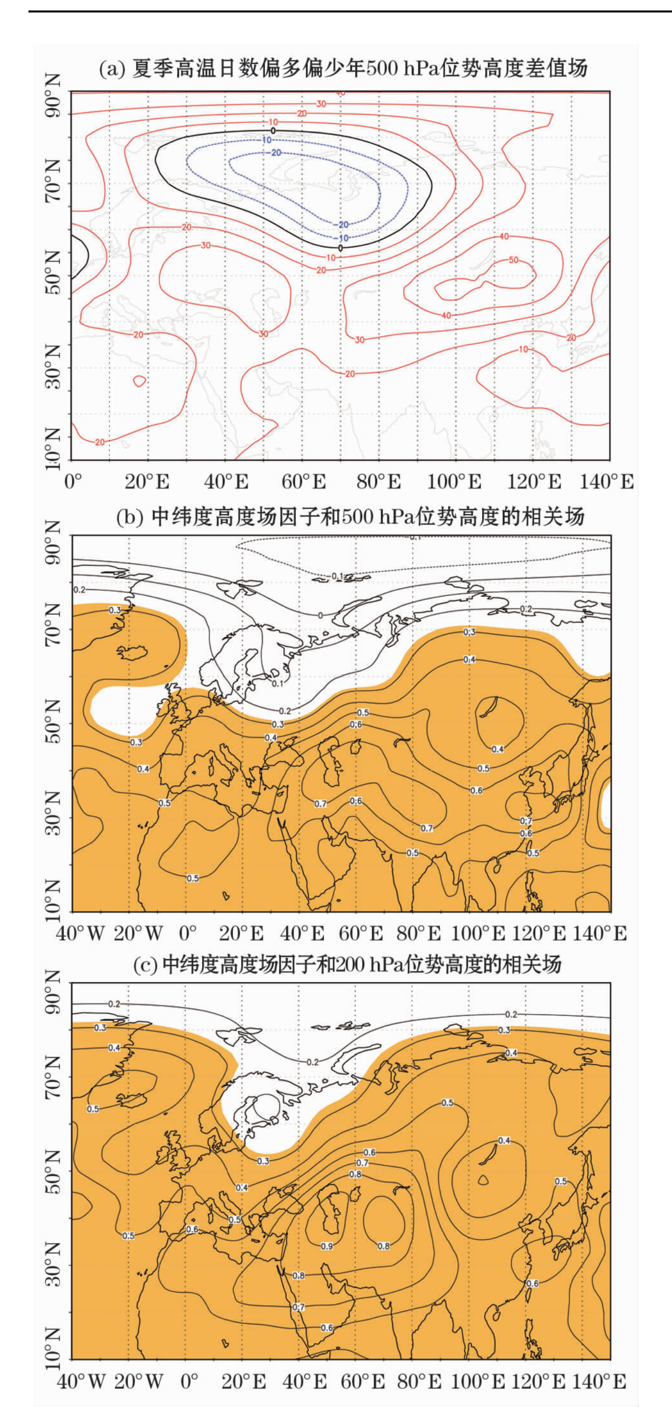


图6　1961—2018 年新疆中纬度高度场因子和中高层位势高度场的相关分布

Fig. 6　The correlation between the height factor of the mid-latitude field and the geopotential height field over Xinjiang during 1961－2018

根据新疆夏季高温日数偏多年最偏南的南亚高压中心纬度作为阈值,如果南亚高压中心纬度较这个阈值偏北,那么较易出现新疆夏季高温日数偏多。南亚高压中心纬度阈值6 月第1 候是在22.5°N 附近,6 月第2～4 候在25°N 附近,6 月第5 候和7 月第2 候在27.5°N 附近,7 月第3 候和8 月第5 候在30°N 附近,8 月第6 候又南退到27.5°N 附近(表1)。

3.4　厄尔尼诺事件对新疆夏季高温日数的影响

应用国家气候中心 NiñoCE 指数判定的厄尔尼诺事件,选取 E 型为主的厄尔尼诺事件开始后的第一个夏季,分别为1965、1972、1982、1991、1997、2015 年夏季,合成以上夏季的高温日数距平(图7a)。E 型为主的厄尔尼诺事件开始后的第一个夏季,仅北疆北部的塔城地区高温日数的正距平概率超过50%,全疆绝大部分区域高温日数的正距平概率不足50%。从上述年份500 hPa 的合成夏季高度场来看(图7b),北半球自北向南位势高度距平呈“＋－＋”分布,极区和25°N 以南为正高度距平区,中纬度正负高度距平区域相间排列,乌拉尔山区域以西为正高度距平区,乌拉尔山以东为负高度距平区,新疆为弱正高度距平区,位势高度偏高幅度很小,因此推断,厄尔尼诺事件可能不利于新疆夏季高温日数偏多。

在前文所选的夏季高温日数异常偏多年(1997、2008、2011、2015、2016、2017、2018 年)中,1997 年和2015 年夏季为厄尔尼诺事件发展年,而其余5 a 没有发生厄尔尼诺事件。从区域夏季平均高温日数来看,1997 年和2015 年分别为这个序列的第1 位和第3 位,其余4 a 分别为第2 位和第4、5、6、7 位。将1997 年和2015 年作为出现厄尔尼诺事件的夏季高温日数异常偏多年,将2008、2011、2016、2017、2018 年作为未出现厄尔尼诺事件的夏季高温日数异常偏多年,分别合成其环流,用出现厄尔尼诺事件的夏季高温日数异常偏多年的合成环流减去未出现厄尔尼诺事件的夏季高温日数异常偏多年的合成环流,给出差值(图8a)。从500 hPa 上看,相比于未出现厄尔尼诺事件的年份,出现厄尔尼诺年份的东北半球低纬度和副热带地区500 hPa 位势高度均偏高,中高纬度大部分区域高度场明显偏低,里海和咸海南部位势高度场偏高。对应500 hPa 温度平流输送,出现厄尔尼诺事件的年份,在新疆南部暖平流输送加强,在新疆东部及北部,冷平流的输送更为强大(图8b),这也不利于新疆夏季高温日数的偏多。因此,厄尔尼诺事件不利于新疆夏季高温日数的偏多发生。

4　结论与讨论

(1) 新疆夏季高温日数的空间分布型可以分为

表 1　南亚高压指数的相关参数

Tab. 1　Correlation parameters of the South Asian high pressure index

	中心经度			中心纬度			中心强度
	与新疆夏季高温日数相关性	新疆高温日数偏多年峰值	新疆高温日数偏多年阈值	与新疆夏季高温日数相关性	新疆高温日数偏多年峰值	新疆高温日数偏多年阈值	与新疆夏季高温日数相关性
6 月第 1 候	0.27*	110.0	57.5	-0.15	32.5	22.5	-0.01
6 月第 2 候	0.11	105.0	55.0	-0.06	32.5	25.0	0.15
6 月第 3 候	-0.08	102.5	52.5	0.14	32.5	25.0	0.10
6 月第 4 候	-0.17	105.0	50.0	0.20	35.0	25.0	0.05
6 月第 5 候	-0.10	102.5	50.0	0.08	37.5	27.5	0.24
6 月第 6 候	-0.13	105.0	42.5	0.04	37.5	27.5	0.14
7 月第 1 候	-0.11	105.0	50.0	0.04	37.5	27.5	0.30*
7 月第 2 候	-0.08	92.5	47.5	0.23	40.0	27.5	0.44*
7 月第 3 候	-0.16	97.5	42.5	-0.02	40.0	30.0	0.34*
7 月第 4 候	0.10	102.5	47.5	0.07	40.0	30.0	0.33*
7 月第 5 候	0.19	95.0	42.5	0.15	37.5	30.0	0.14
7 月第 6 候	0.24	95.0	42.5	-0.15	40.0	32.5	-0.01
8 月第 1 候	0.06	92.5	42.5	0.16	37.5	30.0	0.04
8 月第 2 候	-0.23	105	47.5	0.22	37.5	30.0	0.01
8 月第 3 候	0.07	107.5	47.5	0.08	37.5	30.0	0.07
8 月第 4 候	0.18	105	45.0	-0.04	37.5	30.0	0.08
8 月第 5 候	0.04	112.5	42.5	-0.16	37.5	30.0	0.01
8 月第 6 候	0.03	107.5	50.0	0.01	32.5	27.5	0.00

注：* 表示在 0.05 水平上显著相关。

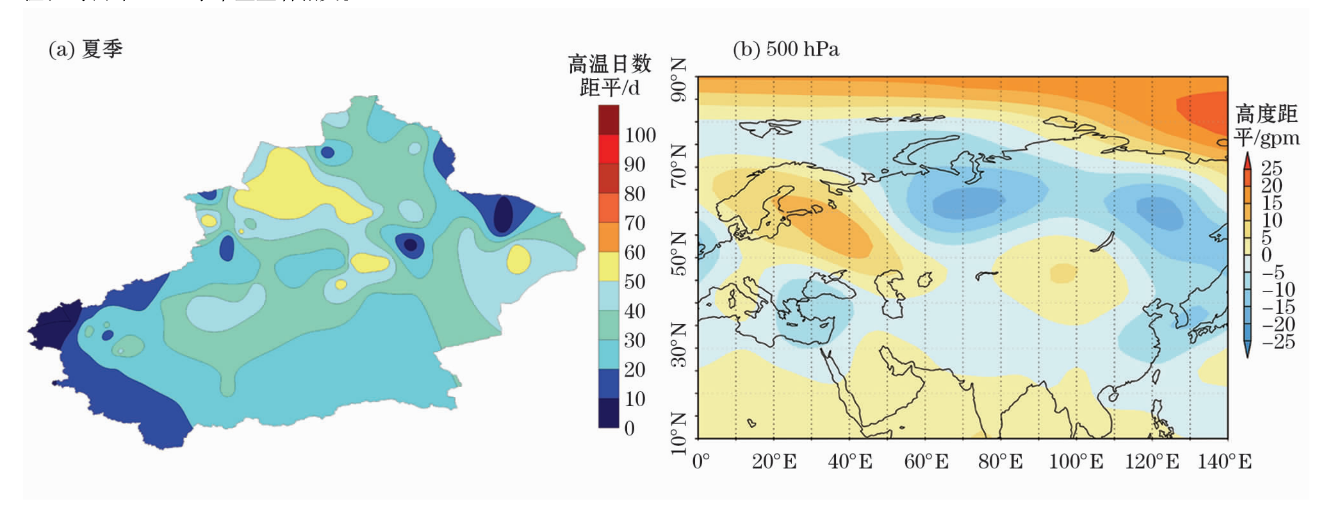


图 7　1961—2018 年 E 型厄尔尼诺事件开始后的第一个夏季高温日数距平分布及 500 hPa 合成高度场

Fig. 7　Anomaly of the first summer high temperature days and the 500 - hPa resultant height field after the start of the El Nino event during 1961 - 2018

全疆一致型、南北反相型和东西反相型。全疆一致型分布在 20 世纪 90 年代中后期发生了一致增多的突变；南北反相型的分布在 21 世纪是多发的；21 世纪以来，东西反相型以偏西地区高温日数偏少、偏东地区高温日数偏多的分布特征多发，东西反相型在 90 年代中期发生了突变。高温日数异常偏少的年份全部在 90 年代中期之前，高温日数异常偏多的年份全部在 90 年代中期之后。

（2）夏季中低纬度尤其是 30° ~ 50°N 位势高度明显升高，有利于新疆高温日数偏多。因此，南亚高压偏强时，夏季中低纬度尤其是 30° ~ 50°N 位势高度明显升高，有利于新疆高温日数偏多。南亚高压中心位置北上，使得中纬度高度场上升，夏季中纬度 30° ~ 50°N 位势高度明显升高，有利于新疆高温日数偏多。

（3）对于位于中纬度的新疆区域，从高度场的

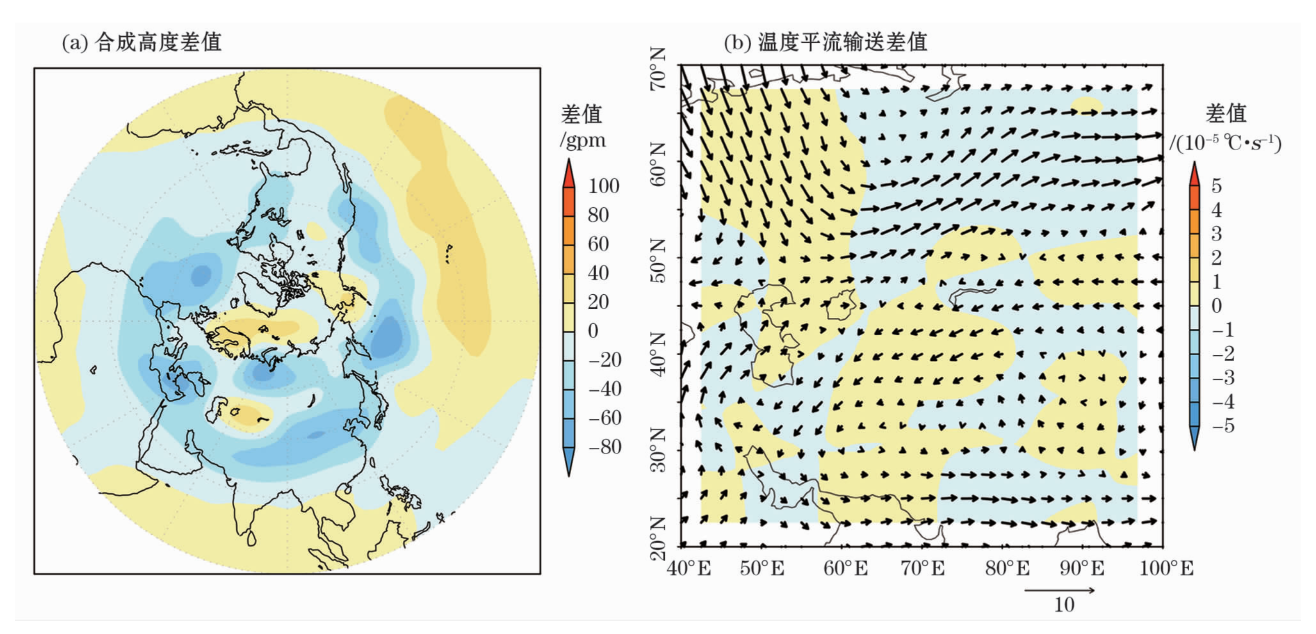


图 8　出现厄尔尼诺事件与未出现厄尔尼诺事件的夏季高温日数异常偏多年的 500 hPa 环流差值

Fig. 8　The 500 – hPa circulation difference diagram in the years when the summer high temperature days were extremely more with or without occurring the El Nino events

合成和温度平流的分析来看,厄尔尼诺事件实际上都不利于高温日数的偏多。

本文基于近 58 a 的资料分析了南亚高压、中纬度环流和厄尔尼诺事件对新疆夏季高温日数的影响,并未分析南亚高压、中纬度环流和厄尔尼诺事件对高温强度的定量影响指标,对于海温影响新疆夏季气温的机理也未做深入的探讨,在今后的工作中将继续做深入的分析。

参考文献(References):

〔1〕 雷杨娜,龚道溢,张自银,等. 中国夏季高温日数时空变化及其环流背景〔J〕. 地理研究,2009,28(3):653 – 662.〔Lei Yangna, Gong Daoyi, Zhang Ziyin, et al. Spatial-temporal characteristics of high-temperature events in summer in eastern China and the associated atmospheric circulation〔J〕. Geographical Research,2009,28(3):653 – 662.〕

〔2〕 邹海波,吴珊珊,单九生,等. 2013 年盛夏中国中东部高温天气的成因分析〔J〕. 气象学报,2015,73(3):481 – 495.〔Zou Haibo, Wu Shanshan, Shan Jiusheng, et al. Diagnositic study of the severe high temperature event over Mid-East China in 2013 summer〔J〕. Acta Meteorologica Sinica,2015,73(3):481 – 495.〕

〔3〕 史军,丁一汇,崔林丽. 华东极端高温气候特征及成因分析〔J〕. 大气科学,2009,33(2):347 – 358.〔Shi Jun, Ding Yihui, Cui Linli. Climatic characteristics of extreme maximum temperature in East China and its causes〔J〕. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2009,33(2):347 – 358.〕

〔4〕 刘还珠,赵声蓉,赵翠光,等. 2003 年夏季异常天气与西太副高和南亚高压演变特征的分析〔J〕. 高原气象,2006,25(2):169 – 178.〔Liu Huanzhu, Zhao Shengrong, Zhao Cuiguang, et al. Weather abnormal and evolutions of Western Pacific subtropical high and South Asian high in summer of 2003〔J〕. Plateau Meteorology,2006,25(2):169 – 178.〕

〔5〕 辛渝,陈洪武,李元鹏,等. 新疆北部高温日数的时空变化特征及多尺度突变分析〔J〕. 干旱区研究,2008,25(3):438 – 446.〔Xin Yu, Chen Hongwu, Li Yuanpeng, et al. Analysis on the spatio temporal change and multi-scale abrupt change of high-temperature days in North Xinjiang〔J〕. Arid Zone Research,2008,25(3):438 – 446.〕

〔6〕 李博,陈婷,王楠,等. 2017 年与 2014 年西安极端高温天气及其环流特征对比分析〔J〕. 干旱区研究,2019,36(3):645 – 656.〔Li Bo, Chen Ting, Wang Nan, et al. Extremely high temperature and circulation features in Xi'an in 2017 and 2014〔J〕. Arid Zone Research,2019,36(3):645 – 656.〕

〔7〕 张琼,钱永甫. 南亚高压的年际和年代际变化〔J〕. 大气科学,2000,24(1):67 – 78.〔Zhang Qiong, Qian Yongfu. Interannual and interdecadal variations of the South Asia high〔J〕. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2000,24(1):67 – 78.〕

〔8〕 彭丽霞,孙照渤,陈海山,等. 南亚高压季节持续性异常及其与 ENSO 关系〔J〕. 气象学报,2010,68(6):855 – 864.〔Peng Lixia, Sun Zhaobo, Chen Haishan, et al. The persistent anomaly of the south Aisa high and its association with ENSO events〔J〕. Acta Meteorologica Sinica,2010,68(6):855 – 864.〕

〔9〕 彭丽霞,孙照渤,倪东鸿,等. 夏季南亚高压年际变化及其与 ENSO 的关系〔J〕. 大气科学,2009,33(4):783 – 795.〔Peng Lixia, Sun Zhaobo, Ni Donghong, et al. Interannual variation of summer South Asia high and its association with ENSO〔J〕. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2009,33(4):783 – 795.〕

〔10〕 陈桂英,廖荃荪. 100 hPa 南亚高压位置特征与我国盛夏降水.

高原气象,1990,9(4):432 - 438.〔Chen Guiying,Liao Quansun. Relationship between the location feature of 100 hPa South Asia high and mid-summer rainfall in China〔J〕. Plateau Meteorology,1990,9(4):432 - 438.〕

〔11〕钱永甫,张琼,张学洪. 南亚高压与我国盛夏气候异常〔J〕. 南京大学学报(自然科学版),2002,38(3):99 - 110.〔Qian Yongfu,Zhang Qiong,Zhang Xuehong. The South Asian high and its effects on China's mid-summer climate abnormality〔J〕. Journal of Nanjing University(Natural Science Edition),2002,38(3):99 - 110.〕

〔12〕何金海,刘伯奇,吴国雄. 春末夏初南亚高压的形成过程及其与 ENSO 事件的联系〔J〕. 大气科学,2014,38(4):670 - 684.〔He Jinhai,Liu Boqi,Wu Guoxiong. Formation of South Asia high from late spring to early summer and its association with ENSO events〔J〕. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2014,38(4):670 - 684.〕

〔13〕谭晶,杨辉,孙淑清,等. 夏季南亚高压东西振荡特征研究〔J〕. 南京气象学院学报,2005,28(4):452 - 460.〔Tan Jing,Yang Hui,Sun Shuqing,et al. Characteristics of the longitudinal oscillation of South Asia high during summer〔J〕. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2005,28(4):452 - 460.〕

〔14〕杨辉,李崇银. 热带太平洋—印度洋海温异常综合模对南亚高压的影响〔J〕. 大气科学,2005,29(1):99 - 110.〔Yang Hui,Li Chongyin. Effect of the tropical Pacific-Indian Ocean temperature anomaly mode on the South Asia high〔J〕. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2005,29(1):99 - 110.〕

〔15〕唐恬,金荣花,彭相瑜,等. 2013 年夏季我国南方区域性高温天气的极端性分析〔J〕. 气象,2014,40(10):1 207 - 1 215.〔Tang Tian,Jin Ronghua,Peng Xiangyu,et al. Analysis on extremely high temperature over Southern China in summer 2013〔J〕. Meteorological Monthly,2014,40(10):1 207 - 1 215.〕

〔16〕Ren Hongli,Jin Feifei. Niño indices for two types of ENSO〔J〕. Geophysical Research Letters, 2011, https://doi. org/10. 1029/2010GL046031.

Variation of Summer High Temperature Days and Its Affecting Factors in Xinjiang

CHEN Ying1, 2, SHAO Wei - ling1, CAO Meng1, LYU Xin - sheng3

(1. *Urumqi Institute of Desert Meteorology*, *China Meteorological Administration*, *Urumqi* 830002, *Xinjiang*, *China*;

2. *Xinjiang Climate Center*, *Urumqi* 830002, *Xinjiang*, *China*;

3. *Xinjiang Meteorological Observatory*, *Urumqi* 830002, *Xinjiang*, *China*)

Abstract: According to the characteristics of summer high temperature in Xinjiang during 1961 - 2018, its spatial distribution could be divided into the whole - Xinjiang distribution pattern, north - south distribution pattern and west - east distribution pattern. For the whole - Xinjiang distribution pattern, the summer high temperature days increased sharply in the mid - and late - 1990's. For the north - south distribution pattern, the interconversion of more summer high temperature days and less ones was frequent in the 21st century. For the west - east distribution pattern, the summer high temperature days were more in the east but less in the west since the 21st century. The key zones of the circulation field, significantly correlated with the spatial distribution patterns, were all located in middle and low latitudes. According to the circulation analysis of Xinjiang summer high temperature days, when the South Asian high was strong and its central area was located northwards, the potential height at the middle and low latitudes in summer increased significantly, especially over the 30° - 50°N zones, leading to an increase of summer high temperature days in Xinjiang. Strong South Asia high made the height of the middle latitude increase. In summer, the potential height over the 30° - 50°N zones increased significantly, which was conducive to the increase of summer high temperature days in Xinjiang. The El Nino event is actually not conducive to the increase of summer high temperature days in Xinjiang.

Key words: high temperature; days; summer; El Nino event; the South Asia high; Xinjiang